



PATENT 1PW

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re application of: Toshiyuki Kojima et al.

Attorney Docket No.: OMRNP075

Application No.: 10/757,359

Examiner: H. Houshmand

Filed: January 13, 2004

Group: 2609

Title: METHOD OF JUDGING  
COMMUNICATION STABILITY OF  
NETWORK SYSTEM AND MASTER UNIT,  
SLAVE AND REPEATER THEREFOR

**CERTIFICATE OF MAILING**

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail to: Commissioner for Patents, Alexandria, Virginia 22313-1450 on September 6, 2007.

Signed:

Deborah Neill

**TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY  
DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

Enclosed herewith are certified copies of priority documents Japan patent application No. 2003-006410 filed on January 14, 2003, and Japan patent application No. 2004-002804 filed on January 8, 2004. Please file these documents in the subject application.

Respectfully submitted,  
BEYER WEAVER LLP

Keiichi Nishimura  
Registration No. 29,093

P.O. Box 70250  
Oakland, CA 94612-0250  
(510) 663-1100

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   1 月 1 4 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 0 0 6 4 1 0  
Application Number:

ST. 10/C) :            [ J P 2 0 0 3 - 0 0 6 4 1 0 ]

出 願 人            オムロン株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 4 年   2 月 2 6 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫

【書類名】 特許願

【整理番号】 61736

【提出日】 平成15年 1月14日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G05B 23/02

H04L 29/12

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1

番地 オムロン株式会社内

【氏名】 小島 俊之

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1

番地 オムロン株式会社内

【氏名】 水谷 征爾

【特許出願人】

【識別番号】 000002945

【氏名又は名称】 オムロン株式会社

【代表者】 立石 義雄

【代理人】

【識別番号】 100092598

【弁理士】

【氏名又は名称】 松井 伸一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019068

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9800459

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ネットワークシステムの通信安定性の判定方法及びマスタユニット並びにスレーブ及びリピータ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プログラマブルコントローラを構成するマスタユニットと、スレーブが、ネットワークに接続されて構成されるネットワークシステムの通信安定性の判定方法であって、

前記マスタユニットは、基準テストパターンを所定の歪みレベルで歪ませた歪みテストパターンを前記スレーブに向けて送信し、

前記スレーブは、前記歪みテストパターンを正常に受信した場合には、前記マスタユニットに対してレスポンスを返送し、

前記マスタユニットは、前記レスポンスを正常に受信した場合に、前記歪みレベルに応じた通信安定性があると判定することを特徴とするネットワークシステムの通信安定性の判定方法。

【請求項 2】 前記マスタユニットは、複数の歪みレベルに対する歪みテストパターンを順次送信し、

各歪みレベルの歪みテストパターンに対する前記スレーブからのレスポンスの有無から、前記スレーブと通信できなくなる歪みレベルの境界を求め、

その境界に基づいて前記通信安定性のレベルを決定することを特徴とする請求項 1 に記載のネットワークシステムの通信安定性の判定方法。

【請求項 3】 前記スレーブは、受信した歪みテストパターンの歪みレベルにあわせて、前記レスポンスを歪ませた状態で返送することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のネットワークシステムの通信安定性の判定方法。

【請求項 4】 前記ネットワークシステムは、前記マスタユニットと前記スレーブの間にリピータが介在するものであり、

前記リピータは、前記歪みテストパターンを波形整形し、

その波形整形した信号に対して、前記歪みテストパターンの歪みレベルにあわせて歪ませた後、出力することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のネットワークシステムの通信安定性の判定方法。

【請求項 5】 前記基準テストパターンのデューティ比を変更することにより、前記歪みテストパターンを生成することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のネットワークシステムの通信安定性の判定方法。

【請求項 6】 プログラマブルコントローラを構成するマスタユニットであって、

基準テストパターンを所定の歪みレベルで歪ませた歪みテストパターンを、同一のネットワークに接続されるスレーブに向けて送信する機能と、

前記スレーブから前記歪みテストパターンを正常に受信した場合に返送されてくるレスポンスを正常に受信した場合に、前記歪みレベルに応じた通信安定性があると判定する判定機能を備えたことを特徴とするマスタユニット。

【請求項 7】 プログラマブルコントローラを構成するマスタユニットとともにネットワークに接続されるスレーブであって、

前記マスタユニットから前記ネットワークを介して送られてくる所定の歪みレベルで歪ませた歪みテストパターンを正常に受信したか否かを判断する機能と、

正常に受信した場合に受信した歪みテストパターンの歪みレベルにあわせて、レスポンスを歪ませる機能と、

その歪ませたレスポンスを前記マスタユニットに対して返送する機能とを備えたことを特徴とするスレーブ。

【請求項 8】 マスタユニットとスレーブの間に少なくとも 1 つのリピータが介在する構成を含むネットワークシステムに用いられるリピータであって、

前記マスタユニットから送られてきた所定の歪みレベルの歪みテストパターンを波形整形する機能と、

前記波形整形した波形を、前記歪みレベルにあわせて歪ませた後、出力する機能を備えたことを特徴とするリピータ。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

この発明は、ネットワークシステムの通信安定性の判定方法及びマスタユニット並びにスレーブ及びリピータに関するものである。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

F A（ファクトリーオートメーション）で用いられる P L C（プログラマブルコントローラ）は、スイッチやセンサなどの入力機器の O N / O F F 情報を入力し、ラダー言語などで書かれたシーケンスプログラム（ユーザプログラム）に沿って論理演算を実行する。そして、P L C は、得られた演算結果にしたがって、リレー、バルブ、アクチュエータなどの出力機器に対し、O N / O F F 情報の信号を出力することで制御が実行される。

## 【 0 0 0 3 】

係る P L C の一形態として、各機能ごとに生成されたユニットを複数用意し、電気、機械的に連結して構成するものがある。係るタイプを構成するためのユニットとしては、電源ユニット、C P U ユニット、I / O ユニット、マスタユニット等各種のものがある。

## 【 0 0 0 4 】

そして、上記したマスタユニットは、フィールドバス等の制御系ネットワークに接続され、その制御系ネットワークに接続された各種のスレーブと制御系ネットワークを介して通信可能となっている。この種のスレーブの一例として、リモート I O がある。すなわち、上記した入力機器や出力機器は、P L C を構成する I / O ユニットに接続することもあるが、仮に全ての入出力機器を直接 I / O ユニットに接続した場合には、それら入出力機器と I / O ユニットの結ぶ配線が、入出力機器の数だけ存在することになり、係る多数の配線が P L C（I / O ユニット）を起点として工場内に引き回されることになり、好ましくない。

## 【 0 0 0 5 】

そこで、制御対象の付近に入出力機器を接続するための端子台となるリモート I O を設置し、そのリモート I O に各種の入出力機器を接続する。そして、P L C（マスタユニット）に接続されたネットワークケーブル（通信線）に対して各リモート I O を接続し、各リモート I O と P L C との間ではマスタスレーブ間通信などによって I / O データの送受を行い、実際の入出力機器に対しては係るリモート I O を介して情報の伝達をするようにしている。

**【 0 0 0 6 】**

さらに、フィールドバスを用いたネットワークシステムにおいても、制御の高速化、P L C のサイクルタイムの短縮等の要請から通信速度の高速化が行われ、フィールドバスの終端に終端抵抗を接続することはもとより、通信の反射による波形の乱れを抑えるために、通信線のケーブル種別、配線長、分岐形態などについて様々な制約が決められている。

**【 0 0 0 7 】**

しかしながら、ユーザが上記した各種の制約に従ってすべて正しく行われているかをチェックすることは困難である。そのため、現実には配線不良等による異常が発生してからその原因を検査することにより配線ミス等の制約違反に気づくことも多い。

**【 0 0 0 8 】**

また、通信不能などの目で見える障害が実際に発生しないまでも、制約通りに配線等をしないために通信環境が悪く 1 度の通信でデータの送信ができないと、リトライが頻繁に発生してトラフィックが悪くなり、効率の良い通信ができないおそれがあり好ましくはない。しかし、係る状態にあることを検出することは困難であった。

**【 0 0 0 9 】**

ところで、特許文献 1 には、バス上の信号線の有効時間を監視してあらかじめ設定された各信号の有効時間の規定時間値と比較することにより、規定時間値に収まっているかどうかを判断し、規定時間値の範囲外にあるときはバスマスタ装置に対して障害通知を行うことにより、システム設計時には装置の非デジタル的バグの早期発見を可能とし、実際の運用時には高信頼性を維持したシステムの構築を可能とするバス監視装置が提案されている。

**【 0 0 1 0 】****【特許文献 1】**

特開平 7 - 3 6 7 9 3 号公報 段落 [ 0 0 0 7 ] 等

**【 0 0 1 1 】****【発明が解決しようとする課題】**



しかしながら、上記した特許文献 1 に示した発明では、良否判定はある程度できるものの、フィールドバスがどの程度のレベルにある（通信不能になる境界に対してどれくらいのマージンがある）かを知ることはできなかった。

#### 【0012】

また、さまざまな制約があることは知っていても、実際に各制約を満たすようにするためには、ユーザは様々な線材を在庫しておく必要があり、コストアップの要因になるので、すでに保有している線材が使用可能かどうか判断し、代用品があればそれを利用したいという要望があるが、上記した特許文献 1 では、代用可能か否かの判断まではできなかった。

#### 【0013】

本発明は、実際に構築したフィールドバス等のネットワークに対し、その通信の安全性（信頼性）を求めることができ、代用可能な線材か否かの判断や、耐ノイズ性を求めることができるネットワークシステムの通信安定性の判定方法及びマスタユニット並びにスレーブ及びリピータを提供することを目的とする。

#### 【0014】

##### 【課題を解決するための手段】

この発明によるネットワークシステムの通信安定性の判定方法は、プログラマブルコントローラを構成するマスタユニットと、スレーブが、ネットワークに接続されて構成されるネットワークシステムの通信安定性の判定方法である。そして、前記マスタユニットは、基準テストパターンを所定の歪みレベルで歪ませた歪みテストパターンを前記スレーブに向けて送信する。そして、前記スレーブは、前記歪みテストパターンを正常に受信した場合には、前記マスタユニットに対してレスポンスを返送する。さらに、前記マスタユニットは、前記レスポンスを正常に受信した場合に、前記歪みレベルに応じた通信安定性があると判定するようにした。

#### 【0015】

通常の通信の際に使用する波形からなる基準パターンを歪ませた状態でマスタユニットからスレーブに向けて送信する。このように歪ませた歪みテストパターンは、通信異常になりやすい。従って、係る状態でも通信でき、レスポンスを正

常受信できるということは、通信安定性が高く、マージンが十分にあるといえる。よって、歪みレベルを適宜に設定してチェックを行うことにより実際に配線したネットワークが、基準を満たすか否かの判断をすることができる。よって、所定の通信安定性があることを事前に確認することにより、配線ミスによる通信異常の発生をなくすることができる。

#### 【 0 0 1 6 】

さらに、フィールドバスの場合には、通信を保証するために使用する線材その他の各種の制約が決められている。そこで、係る制約を守った場合の通信安定性がわかると、その通信安定性に対応する歪みレベルで歪ませた歪みテストパターンを用いてチェックをすることにより、ユーザが在庫している線材が使用可能かどうかをユーザ側で判定できる。すなわち、例えば、メーカ側が指定していない線材を用いて実際にネットワークを構築し、通信安定性に対応する歪みレベルで歪ませた歪みテストパターンを用いてチェックをする。そして、通信安定性が保証されると、その線材を代替え品として使用可能であると推定できる。

#### 【 0 0 1 7 】

歪みレベルは、1種類でも良いし複数種類設けてももちろん良い。そして、前記マスタユニットは、複数の歪みレベルに対する歪みテストパターンを順次送信し、各歪みレベルの歪みテストパターンに対する前記スレーブからのレスポンスの有無から、前記スレーブと通信できなくなる歪みレベルの境界を求め、その境界に基づいて前記通信安定性のレベルを決定するようにするとよい。これにより、良否判定のみならず通信安定性のレベルがわかる。よって、耐ノイズ性を評価できる。

#### 【 0 0 1 8 】

さらに、前記スレーブは、受信した歪みテストパターンの歪みレベルにあわせて、前記レスポンスを歪ませた状態で返送することもできる。これにより、双方向の通信安定性をチェックすることができる。

#### 【 0 0 1 9 】

さらにまた、前記ネットワークシステムは、前記マスタユニットと前記スレーブの間にリピータが介在するものであり、前記リピータは、前記歪みテストパタ

ーンを波形整形し、その波形整形した信号に対して、前記歪みテストパターンの歪みレベルにあわせて歪ませた後、出力するようにするとよい。これにより、リピータを含むネットワークでも、高精度に通信安定性のチェックができる。

#### 【0020】

そして、上記した各発明において、前記基準テストパターンのデューティ比を変更することにより、前記歪みテストパターンを生成することができる。つまり、デューティ比を変えることにより波形をデジタル的に歪ませることができ、ASIC等により処理できる。ここで、デューティ比の変更とは、例えば、実施の形態で説明しているように、パルスの立ち上がりおよびまたは立ち下りのタイミングを変更することで、基準テストパターンに対してデジタル的に歪ませることに対応する。なお、本発明では、アナログ的に波形を歪ませるようにしてももちろんよい。

#### 【0021】

そして、上記した判定方法を実施するために適した本発明のマスタユニットとしては、例えば、プログラマブルコントローラを構成するマスタユニットであって、基準テストパターンを所定の歪みレベルで歪ませた歪みテストパターンを、同一のネットワークに接続されるスレーブに向けて送信する機能と、前記スレーブから前記歪みテストパターンを正常に受信した場合に返送されてくるレスポンスを正常に受信した場合に、前記歪みレベルに応じた通信安定性があると判定する判定機能を備えることである。

#### 【0022】

また、上記した判定方法を実施するために適した本発明のスレーブは、例えば、プログラマブルコントローラを構成するマスタユニットとともにネットワークに接続されるスレーブであって、前記マスタユニットから前記ネットワークを介して送られてくる所定の歪みレベルで歪ませた歪みテストパターンを正常に受信したか否かを判断する機能と、正常に受信した場合に受信した歪みテストパターンの歪みレベルにあわせて、レスポンスを歪ませる機能と、その歪ませたレスポンスを前記マスタユニットに対して返送する機能とを備えることである。

#### 【0023】

さらにまた、上記した判定方法を実施するために適した本発明のリピータとしては、例えば、マスタユニットとスレーブの間に少なくとも 1 つのリピータが存在する構成を含むネットワークシステムに用いられるリピータであって、前記マスタユニットから送られてきた所定の歪みレベルの歪みテストパターンを波形整形する機能と、前記波形整形した波形を、前記歪みレベルにあわせて歪ませた後、出力する機能を備えて構成することである。

#### 【 0 0 2 4 】

##### 【発明の実施の形態】

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態を示している。図 1 に示すように、P L C 1 0 と各種のスレーブ 2 0 が、フィールドバス 3 0 を介して接続されネットワークシステムを構築している。スレーブ 2 0 としては、リモート I O その他の機器がある。フィールドバス 3 0 は、各スレーブ 2 0 を直列に接続したバス型である。そのため、そのフィールドバス 3 0 の終端には、終端抵抗 3 1 が接続されている。さらに、P L C 1 0 には、設定ツールたるパソコン 3 2 が接続されており、P L C 1 0 に対して後述するテストパターンを与えることができるようになっている。

#### 【 0 0 2 5 】

P L C 1 0 は、各機能ごとに生成されたユニットを連結することにより構成され、例えば、C P U ユニット 1 1、マスタユニット 1 2 などがある。マスタユニット 1 2 は、フィールドバス 3 0 に接続され、各スレーブ 2 0 と通信を行うようになっている。さらに、P L C 1 0 の内部バスを介して C P U ユニット 1 1 の I O メモリにアクセスし、I O データ等の読み書きを行うようになっている。

#### 【 0 0 2 6 】

マスタユニット 1 2 は、図 2 に示すように、フィールドバスに接続され、実際にデータの送受を行う通信インタフェース 1 2 a と、その通信インタフェース 1 2 a を介してマスタスレーブ間通信をし、スレーブ 2 0 との間で I / O データの送受を行ったり、所定のコマンドの送信並びにそれに基づくレスポンスの受信を行うマスタ用 A S I C 1 2 b と、各種の制御を行う M P U 1 2 d と、各種の制御実行時にワークエリア等として使用される R A M 1 2 c と、上記制御を行うプ

ログラムや、各種の設定データ等が格納されたEEPROM12eと、他のユニットなどと通信を行うためのインタフェース12hと、動作状態（通信状態）や異常／正常などを示すLED表示部12f並びにアドレスの設定などを行うための設定スイッチ12gを備えている。なお、基本的なハードウェア構成等は、従来のマスタユニットと同様であるので、その詳細な説明を省略する。

#### 【0027】

MPU12dが行う制御としては、CPUユニット11その他のユニット等と通信したり、マスタ用ASIC12bを動作させたりするようになっている。特に本発明との関係でいうと、CPUユニット11を経由して受け取ったパソコン32から送られてきたテストパターンを用いてフィールドバスに接続されたスレーブと通信をし、通信安定性の検査を行う機能を有する。具体的には、マスタ用ASIC12bにテストパターンを与えるとともにそのマスタ用ASIC12bにてテストパターンを歪ませて所定のスレーブ20に送る。そして、そのテストパターンを送ったスレーブ20からのレスポンスの有無により、通信安定性を判断するようにしている。具体的な処理機能は後述する。

#### 【0028】

スレーブ20は、図3に示すように、フィールドバスに接続され、実際にマスタユニット12との間でI/Oデータや各種メッセージ等の送受を行う通信インタフェース20aと、その通信インタフェース20aを介して取得したマスタースレーブ間通信をし、I/Oデータの送受を行ったり、所定のコマンドの受信並びにそれに基づくレスポンスの送信を行うスレーブ用ASIC20bと、各種の制御を行うMPU20dと、上記制御を行うプログラムや、各種の設定データ、I/Oデータ等が格納されたEEPROM20eと、I/O機器と接続しI/Oデータの送受を行うI/O部20jと、動作状態（通信状態）や異常／正常などを示すLED表示部20f並びにノードアドレスの設定などを行うための設定スイッチ20gを備えている。さらに、入力電圧（24V）を5Vに降圧し、スレーブ20内の各素子に電源供給する電源部20iを備えている。なお、スレーブ20の基本的な構成並びに作用効果は、従来のものと同様であるので、その詳細な説明を省略する。

**【 0 0 2 9 】**

このスレーブ 2 0 は、本発明との関係でいうと、マスタユニット 1 2 から送られてくる自己宛てのテストパターンを受け取ると、それを解析するとともに、所定のレスポンスを発行しマスタユニット 1 2 に返送する機能を有する。さらに、レスポンスも歪ませて送るようになる。そして、歪みのレベルは、マスタ側とスレーブ側で一致させる。つまり、マスタユニット 1 2 は、歪ませたテストパターンを送信するに際し、歪みレベルの情報も併せて送ったり、或いはテストパターンを送る前に歪みレベルの情報のみを送るようにし、スレーブ 2 0 側では、その歪みレベルを認識し、同じ歪みレベルでレスポンスを歪ませるようになる。

**【 0 0 3 0 】**

従って、マスタユニット 1 2 ひいてはパソコン 4 2 は、あるノードアドレス宛にテストパターンを発行した場合に、レスポンスの有無に基づき、当該ノードアドレスのスレーブ 2 0 の存在の有無はもとより、通信安定性も判断することができる。すなわち、同一のスレーブ 2 0 に対し、テストパターンの歪みの程度を徐々に大きくしながら通信を行うことにより、通信不能になる直前の歪みの程度までは送信できることが確認できるので、通信安定性を知ることができる。そして、テストパターンの送信の最初から応答がない場合には、そのノードアドレスのスレーブは存在していないと判断できる。

**【 0 0 3 1 】**

本実施の形態で用いるテストパターンは、図 4 に示すように全てのパルスの立ち上がりを所定時間幅（例えば、L o w のパルス幅を所定数で分割した時間幅を自然数倍したもの）パルス波形からなり、パルスの立ち上がりを変えることによりテストパターンを生成する（歪ませる）ようにした。このような歪ませ方をすることにより、デジタル A S I C など論理回路での実装が可能となる。これにより、本機能を安価、小型にフィールドバス 3 0 に接続される各機器に実装することができる。

**【 0 0 3 2 】**

さらに、本実施の形態では、パルスの L o w の部分を 8 分割し、L o w の部分を分割した 1 つ分ずつ減らすことにより L o w から H i g h への立ち上がりが早

くなるように変更した。そして、歪みレベルは、その分割した1つ分減らすごとに1つアップするようにしている。従って、歪みがない状態を歪みレベル0とし、以下順に歪みレベル1→2…と増加し、歪みレベル8が最大である。なお、歪みレベル8ではすべてH i g hの状態になるので、受信不能となる。また、本実施の形態では、パルスのL o wからH i g hへの立ち上りを早める時間幅をパルスのL o w部分の8分割の1つ分ずつとしたが、その分割数は適宜きめることができる。さらに、本実施の形態では、パルスのL o wからH i g hへの立ち上がりを早めたが、H i g hからL o wへの立ち下がり遅くすることでも実現可能である。

#### 【0 0 3 3】

そして、本実施の形態における通信安定性のチェックは、①マスタユニット12から所定の歪みレベルで歪んだテストパターンを送信し、スレーブ20がそれを受信できること、②スレーブ20はレスポンスを同じ歪みレベルで歪ませた波形で送信し、マスタユニット12がそのレスポンスを受信できることの2つの条件を具備することで初めてその歪みレベルの通信安定性が保証されるようにする。そして、同じスレーブ20に対し歪みレベルを徐々に大きくしていきながら上記の処理を行うことにより、上記①、②の条件を具備できなくなる直前、つまり、条件を具備した最大の歪みレベルが、そのスレーブとの間の通信安定性となる。

#### 【0 0 3 4】

さらに、全てのスレーブに対して上記の処理を行うことにより、スレーブごとの通信安定性を求めることができる。その結果、フィールドバスシステム全体の通信安定性は、最も低い歪みレベルとなる。さらに、各スレーブごとの通信安定性を比較することにより、通信安定性が低い箇所を特定し、フィールドバスの各種の制約（通信線のケーブル種別、配線長等）を満たしていないおそれのある箇所を早期かつ容易に発見することができる。

#### 【0 0 3 5】

さらに、回線の状態はノイズなどの影響で不安定となっている可能性があるため、各スレーブ20に対する通信安定性のチェックは、上記の処理を複数回繰り返す。

返し実行して、平均やマージンレベルの最大値と最小値などのデータを取得することで、より正確な評価を行うとよい。

#### 【0 0 3 6】

そして、具体的には図 5 に示すフローチャートに従って処理するようになる。すなわち、まず、処理対象を次のノード（スレーブ）に移す（S T 1）。例えば、ノードアドレス順にチェックを行う場合、最初はノードアドレス # 0 のスレーブ 2 0 が処理対象となり、ステップ 2 以降の所定の処理を実行後再びステップ 1 に戻ってきた場合にはノードアドレス # 1 のスレーブ 2 0 が処理対象となる。以下順に、ノードアドレス # 2 → # 3 → … となり、最大のノードアドレスまで処理を実行すると、終了となる。なお、処理対象のノードを決める他の方法としては、現在、どんなノードアドレスのスレーブが接続されているかを把握した後で、接続されているスレーブのみを処理対象とすることでも良い。

#### 【0 0 3 7】

処理対象のスレーブが決定すると、そのスレーブ 2 0 に対してマスタユニット 1 2 がメッセージを使用して歪みレベルを現在のものに対して「+ 1」するように通知する（S T 2）。これを受けて、スレーブ側では歪みレベルが 1 加算される。そして、標準状態では歪みレベルを 0 にしているので、1 回目の通知に伴い歪みレベルが 1 になり、以後順に 2 → 3 → … と増加していく。また、このように「+ 1」するというような通知ではなく、「歪みレベル = 3」, 「歪みレベル = 5」のように、具体的に歪みレベルを通知するようにしてもよい。

#### 【0 0 3 8】

次いで、マスタユニット 1 2 側の歪みレベルも「+ 1」する（S T 3）。これにより、スレーブ 2 0 側とマスタユニット 1 2 側で持つ歪みレベルが等しくなる。そして、マスタユニット 1 2 は、処理対象のスレーブ 2 0 に対し、読み出しコマンドとして現在の歪みレベルで歪ましたテストパターンを送信する（S T 4）。

#### 【0 0 3 9】

そして、スレーブ 2 0 で正常に受信できたか否かを判断する（S T 5）。この判断は、ステップ 4 で送信したテストパターンとしての読み出しコマンドに対す



る応答が、スレーブからあるかどうかを時間監視することで行う。つまり、該当スレーブから応答がない場合は、ステップ5の分岐判断でNoとなるようにする。

#### 【0040】

そして、ステップ5の分岐判断でNoとなると、マスタユニット12は通信異常と認識し、現在の歪みレベルから、そのスレーブに対するマージンレベル（通信安定性）を確定する（ST8）。つまり、現在の歪みレベルから1引いた値が通信可能な歪みレベルとなる。そして、その値をマージンレベル（通信安定性）とする。

#### 【0041】

また、スレーブ20が正常受信した場合には、そのスレーブ20は、マスタユニット12に対してレスポンスを送信するが、このレスポンスを現在の歪みレベルで歪ませる（ST6）。

#### 【0042】

一方、マスタユニット12側では、読み出しコマンドを送ったスレーブ20から歪ませられたレスポンスが送られてくるのを待ち、正常に受信できたか否かを判断する（ST7）。そして、正常に受信した場合には、ステップ2に戻り、歪みレベルを一段階アップさせた状態で上記した処理を行う。なお、マスタユニット12側での判断は、読み出しコマンドを発行してから一定期間レスポンスを受信せずタイムアウトした場合には、正常受信しないと判断できる。また、正常受信しなかった場合には、ステップ8に進み、現在の歪みレベルに基づいてそのスレーブ20に対するマージンレベル（通信安定性）を確定する（ST8）。

#### 【0043】

なお、正常なフィールドバスシステムであっても、歪みレベルが最大の8ではもちろんのこと、7あるいは6程度でも通信不能になる。従って、各スレーブとのチェック行程において、最後は必ずスレーブ側或いはマスタユニット側で正常受信ができなくなって、ステップ8に至る経路を取る。そして、全てのノードについてチェックが完了すると、処理を終了する（ST9）。

#### 【0044】

図6は、本発明の第2の実施の形態を示している。本実施の形態は、フィールドバス30中にリピータ40を含む構成をとったネットワーク構成に適用したものである。すなわち、図6に示すように、PLC10と各種のスレーブ20並びにリピータ40が、フィールドバス30を介して接続されてネットワークシステムを構築している。スレーブ20は、PLC10に接続されたフィールドバス30に直接接続されるものもあれば、リピータ40に接続されたフィールドバス30aに接続され、リピータ40を介してPLC10と通信するものもある。そして、フィールドバス30、30aの終端には、終端抵抗31が接続されている。マスタユニット12やスレーブ20等の内部構成並びに作用効果は、基本的に第1の実施の形態と同様である。

#### 【0045】

また、図6に示す例では、リピータ40の下流側にはスレーブ20のみが接続された構成を採っているが、リピータ40の下流側にさらに別のリピータを配置するというように、スレーブ20とPLC10との間に複数のリピータ40が存在する形態ももちろんありえる。

#### 【0046】

リピータ40は、フィールドバス30等を伝送されるデータを中継して、波形整形するものである。すなわち、一方から入力された信号を波形整形し他方に出力する機能を有するもので、マスタユニット12からスレーブ20に向けて送られる信号と、スレーブ20からマスタユニット12に向けて送られる信号のいずれに対しても波形整形処理を行う。

#### 【0047】

ネットワークを構成する通信線が長くなると、信号レベルが低くなるとともに、ノイズも乗りやすくなるので、波形が乱れる。そのため、正確な情報を伝送できなくなるという問題がある。係る問題を解決するために、リピータ40と称される波形整形をする中継器を適宜位置に設け、乱れた波形を、1/0のきれいなパルス波形に修正し、伝送距離を長くするようにしている。また、このように伝送距離を長くすることのみならず、例えば、同一の装置の制御を行う複数のスレーブを1つのグループとして管理するような場合に係る複数のスレーブをリピー

タの下に接続することもある。

#### 【0 0 4 8】

リピータ 4 0 は、図 7 に示すようにマスタ側とスレーブ側にそれぞれ接続される通信インタフェース 4 1、4 2 と、両通信インタフェース 4 1、4 2 間に実装され、伝送されるデータ（信号）に対して所定の処理を行なうリピータ用 A S I C 4 3 を備えている。さらに、入力電圧（2 4 V）を 5 V に降圧し、リピータ 4 0 内の各素子に電源供給する電源部 4 4 を備えている。さらにまた、動作状態（通信状態）や異常／正常などを示す L E D 表示部 4 5 並びにノードアドレスの設定などを行うための設定スイッチ 4 6 を備えている。

#### 【0 0 4 9】

さらに、このリピータ用 A S I C 4 3 は、基本的には伝送される信号（乱れている）の波形を整え、綺麗な 1 / 0 のデジタル信号に復元し、出力する機能を備えている。この機能は、従来からあるリピータの基本機能であるので、具体的な構成・処理手順については説明を省略する。

#### 【0 0 5 0】

そして、本発明では、リピータ用 A S I C 4 3 の機能として、一方から受け取った信号に対して上記した波形整形を行った後、歪みレベルに応じて歪ませた波形を他方から出力するようにしている。また、上記所定のノードアドレスからのレスポンスを受信した場合も、波形整形後、記憶保持している歪みレベルにあわせて歪ませた信号をマスタユニット 1 2 に向けて出力するようになる。これにより、リピータ 4 0 の先に接続されたスレーブ 2 0 とリピータ 4 0 間の伝送路の通信品質についても同様の評価が可能となる。

#### 【0 0 5 1】

さらに、リピータ 4 0 もノードアドレスが付与されており、広い意味ではスレーブの一種ともいえる。従って、上記したスレーブ 2 0 と同様の機能を組み込むことにより、マスタユニット 1 2 とリピータ 4 0 との間の伝送路の通信品質（通信安定性）をチェックすることができる。

#### 【0 0 5 2】

すなわち、図 5 に示すステップ 1 でマスタユニット 1 2 が指定する次のノード

のノードアドレスをリピータ 40 に設定する。そして、リピータ 40 は、自己宛のチェックにおける現在の歪みレベルを所定のレジスタ（リピータ用 ASIC 43 内にある）に設定しておき、正常受信できた場合には、その歪みレベルにしたがったレスポンスを返し、正常受信できない場合はその旨通知する。これにより、図 5 に示したフローチャートを実行することにより、マスタユニット 12 側では、処理対象のリピータ 40 との間の通信安定性（マージンレベル）を確定することができる。なお、その他の構成並びに作用効果は、上記した第 1 の実施の形態と同様であるので、対応する部材に同一符号を付し、その詳細な説明を省略する。

#### 【0053】

また、上記した各実施の形態では、いずれも①マスタユニット 12 から所定の歪みレベルで歪んだテストパターンを送信し、スレーブ 20（リピータ 40）がそれを受信できること、②スレーブ 20（リピータ 40）はレスポンスを同じ歪みレベルで歪ませた波形で送信し、マスタユニット 12 がそのレスポンスを受信できることの 2 つの条件を具備することにより、その歪みレベルでの通信安全性があるとし、図 5 のフローチャートでも、ステップ 5 で条件①を判断し、ステップ 7 で条件②をそれぞれ判断するようにしたが、本発明は、これに限ることはない。

#### 【0054】

##### 【発明の効果】

以上のように、この発明では、実際に構築したフィールドバスに対し、その通信の安全性（信頼性）を求めることができ、代用可能な線材か否かの判断や、耐ノイズ性を求めることができる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態を示す図である。

##### 【図 2】

マスタユニットの内部構造を示すブロック図である。

##### 【図 3】

スレーブの内部構造を示すブロック図である。

【図 4】

テストパターンと歪みレベルを説明する図である。

【図 5】

通信安定性のチェック機能を説明するフローチャートである。

【図 6】

本発明の第 2 の実施の形態を示す図である。

【図 7】

リピータの内部構造を示すブロック図である。

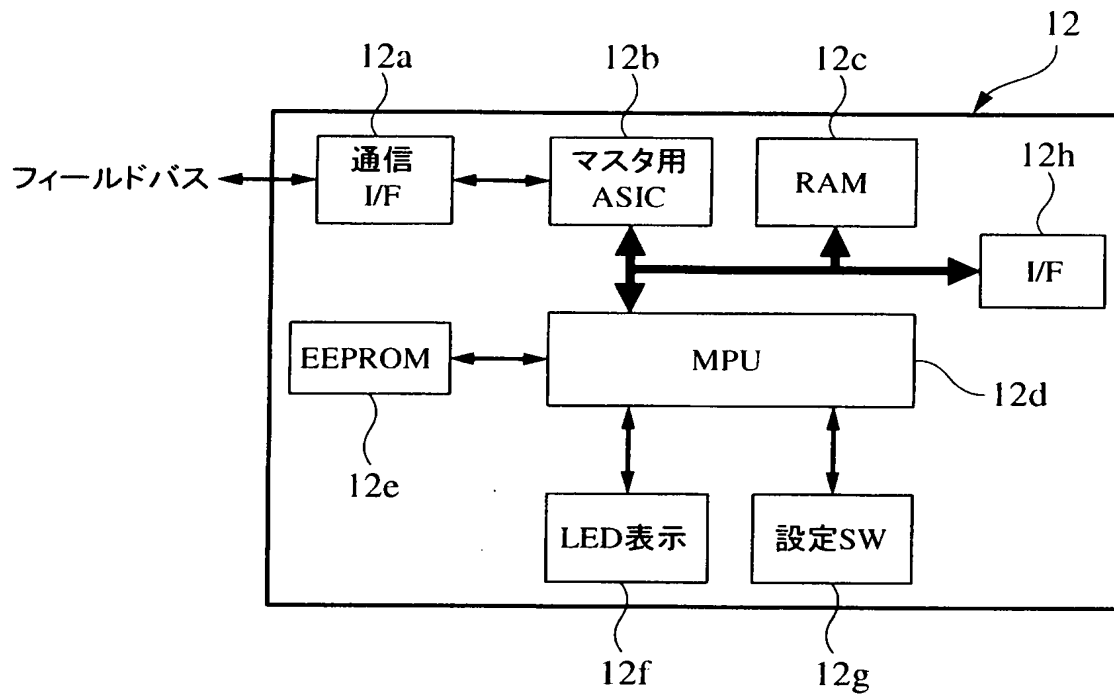
【符号の説明】

- 1 0    P L C
- 1 1    C P U ユニット
- 1 2    マスタユニット
- 1 2 a    通信インタフェース
- 1 2 b    マスタ用 A S I C
- 1 2 c    R A M
- 1 2 d    M P U
- 1 2 e    E E P R O M
- 1 2 f    L E D 表示部
- 1 2 g    設定スイッチ
- 1 2 h    インタフェース
- 2 0    スレーブ
- 2 0 a    通信インタフェース
- 2 0 b    スレーブ用 A S I C
- 2 0 d    M P U
- 2 0 e    E E P R O M
- 2 0 f    L E D 表示部
- 2 0 g    設定スイッチ
- 2 0 h    インタフェース

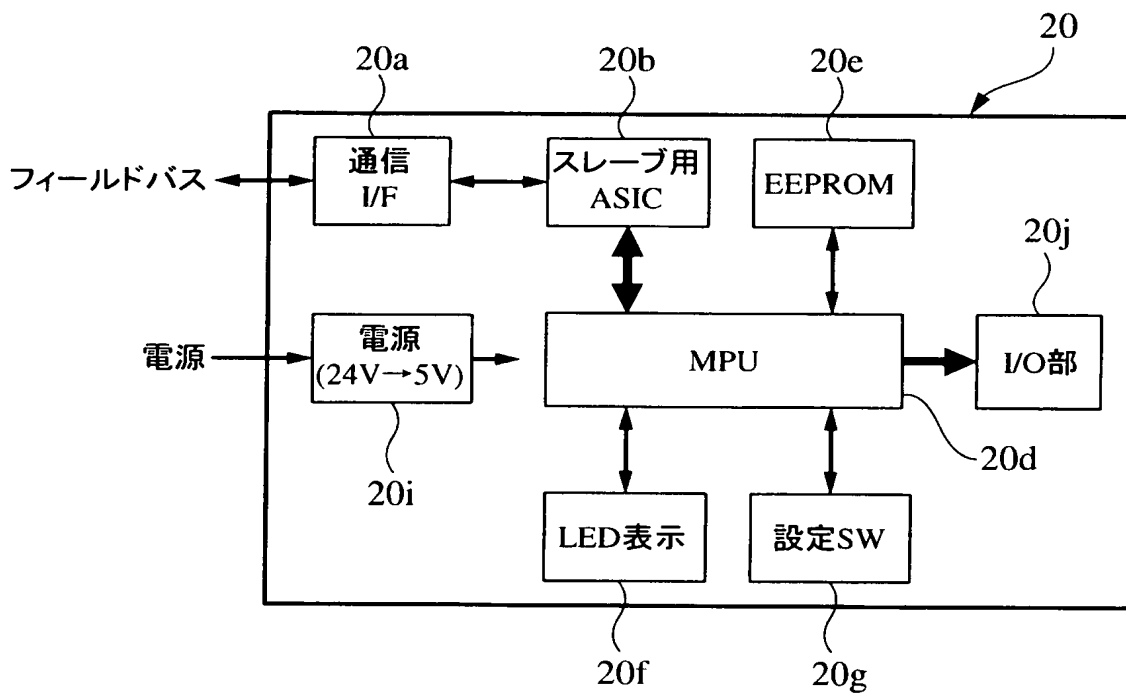
- 2 0 i 電源部
- 2 0 j I / O 部
- 3 0 フィールドバス
- 3 0 a フィールドバス
- 3 1 終端抵抗
- 3 2 パソコン
- 4 0 リピータ
- 4 1 , 4 2 通信インタフェース
- 4 3 リピータ用 A S I C
- 4 4 電源部
- 4 5 L E D 表示部
- 4 6 設定スイッチ



【図 2】

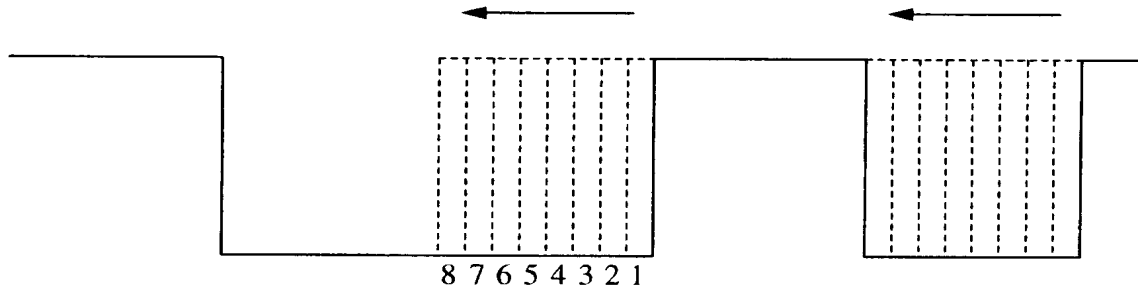


【図 3】

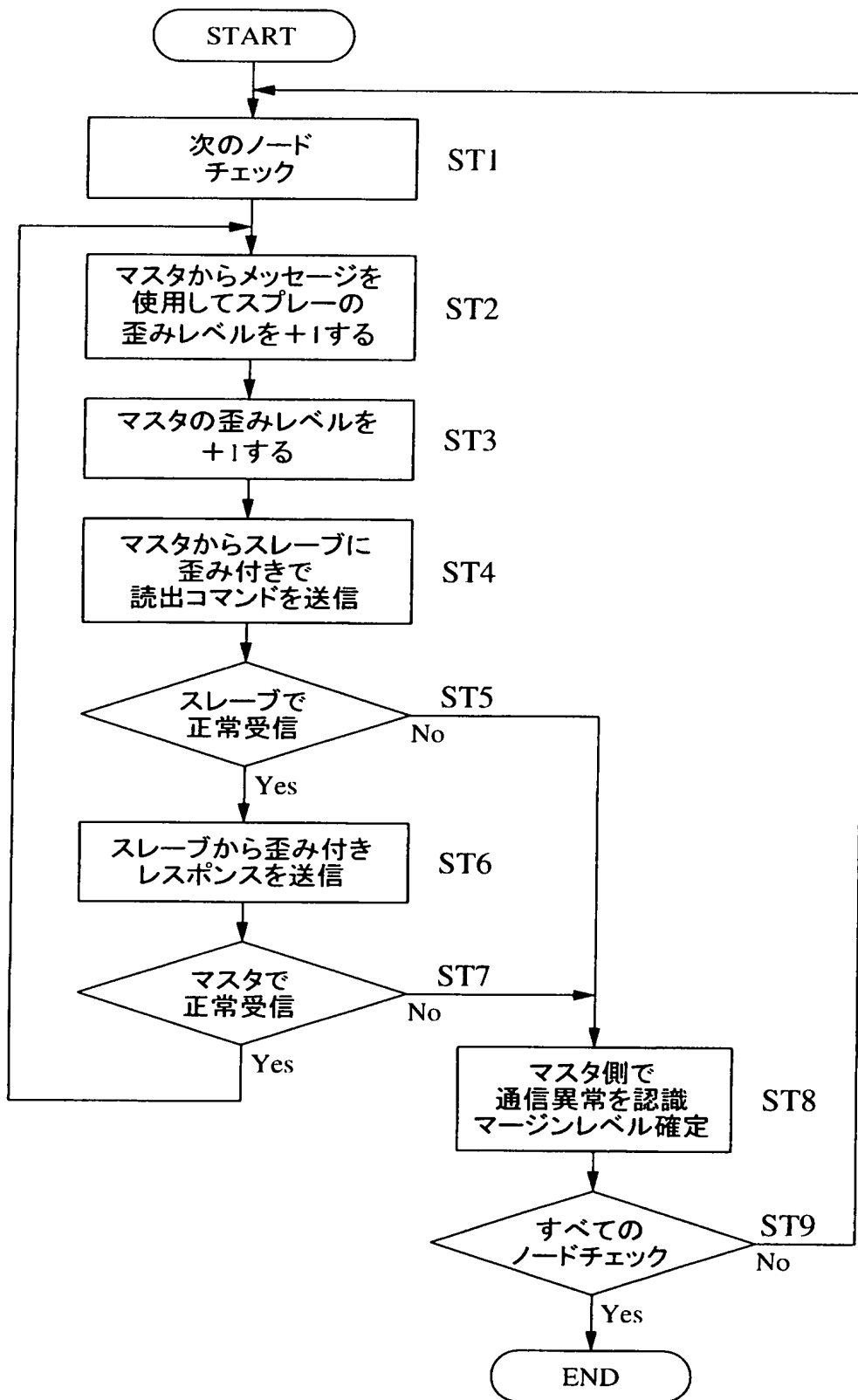




【図 4】

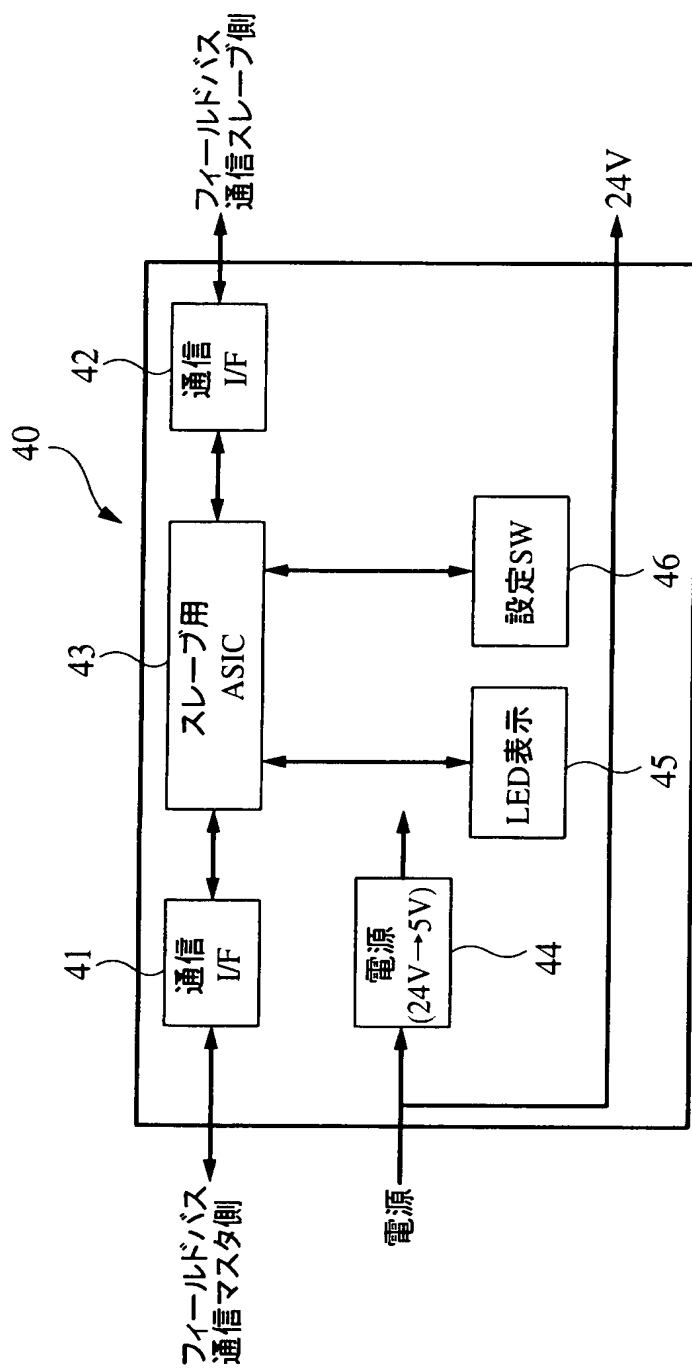


【図 5】





【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 フィールドバス等のネットワークに対し、その通信の安全性を求めることができるネットワークシステムの通信安定性の判定方法を提供すること

【解決手段】 P L C 1 0 を構成するマスタユニット 1 2 と、スレーブ 2 0 が、フィールドバス 3 0 に接続されてネットワークシステムが構成される。マスタユニットは、基準テストパターンを所定の歪みレベルで歪ませた歪みテストパターンをスレーブに向けて送信する。スレーブは、その歪みテストパターンを正常に受信した場合には、マスタユニットに対して同じ歪みレベルで歪ませたレスポンスを返送する。そして、マスタユニットは、そのレスポンスを正常に受信した場合に、歪みレベルに応じた通信安定性があると判定する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 0 6 4 1 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 9 4 5 ]

1. 変更年月日

2 0 0 0 年 8 月 1 1 日

[変更理由]

住所変更

住 所

京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地

氏 名

オムロン株式会社